



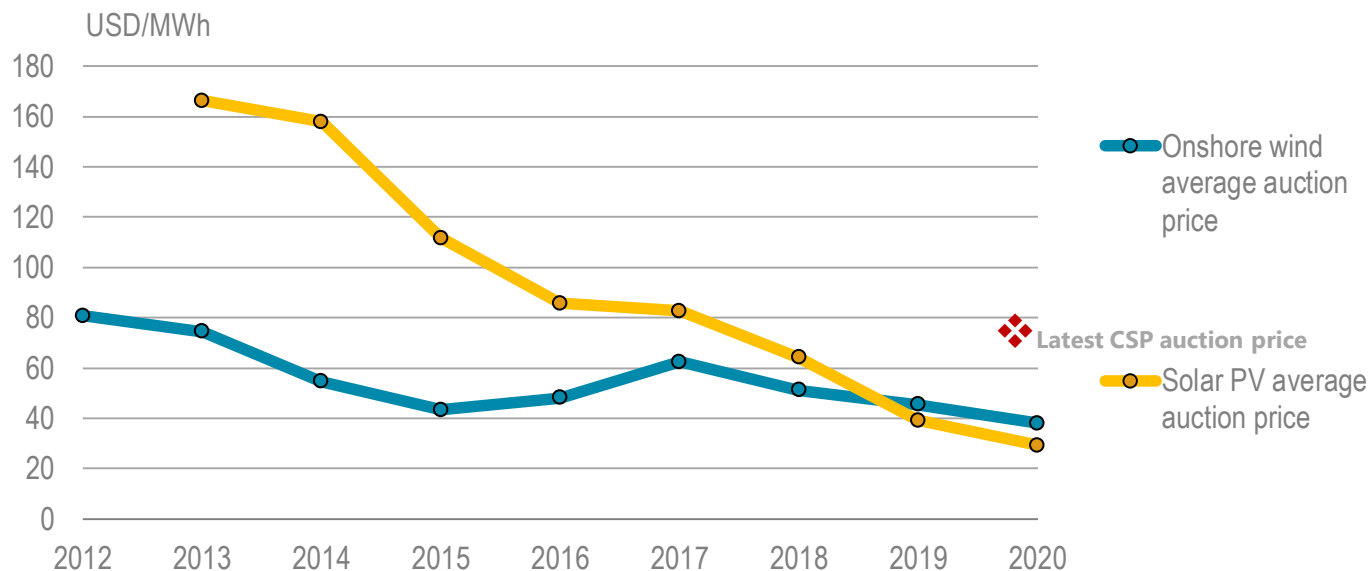
Les étapes de l'intégration des énergies renouvelables dans le réseau électrique

Cédric Philibert, Division des Energies Renouvelables

7^{ème} journée tuniso-allemande de l'énergie, Tunis, 29 novembre 2017



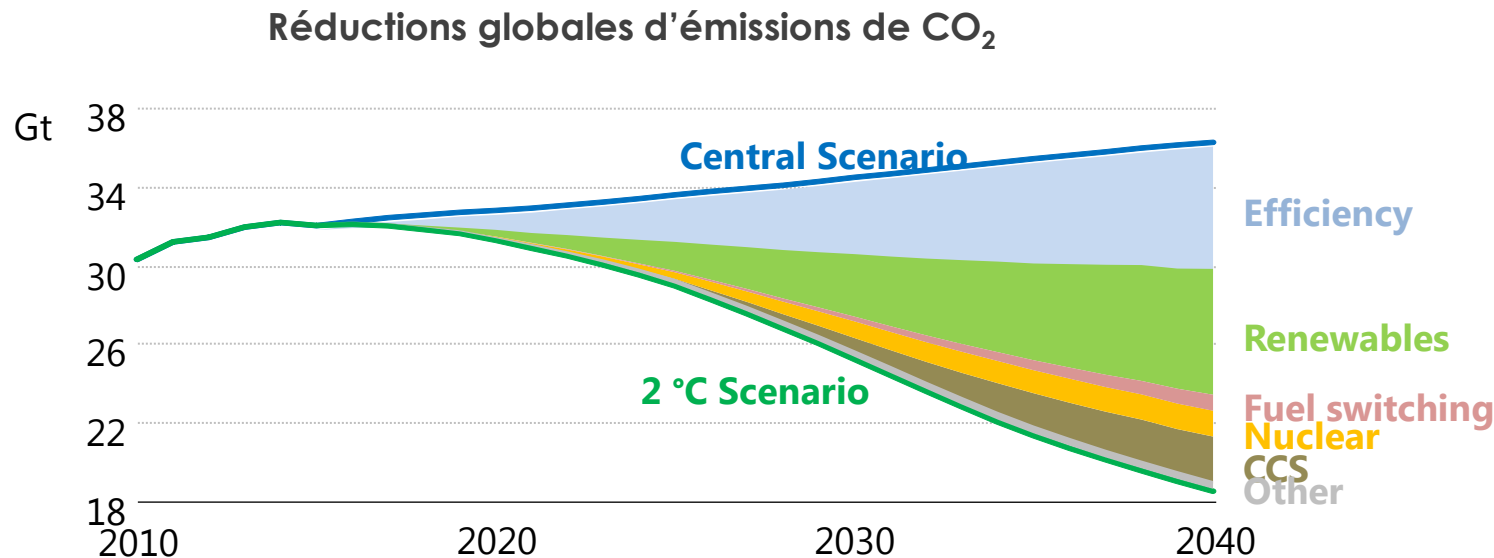
Prix moyens des enchères pour l'éolien et le solaire par date de mise en service



Source: RE Market Report 2017

Les enchères réduisent les prix sur l'ensemble de la chaîne de valeur. Près de la moitié des nouvelles capacités 2017 – 2022 viennent d'enchères pour des contrats d'achat d'électricité à long terme.

Les renouvelables au coeur de la transition énergétique



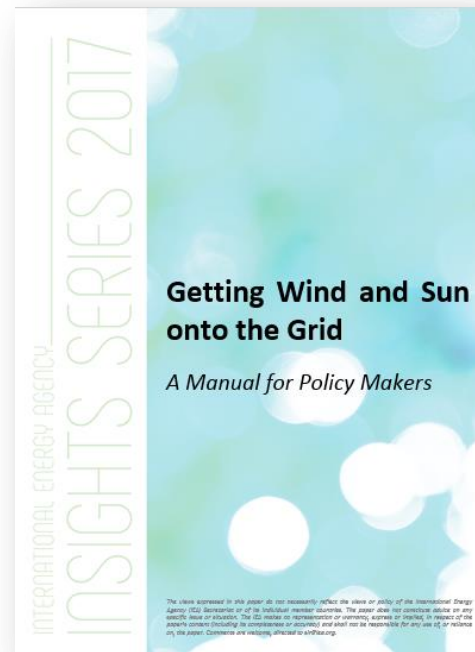
Source: WEO 2016

Accélérer les investissements dans l'efficacité énergétique et les renouvelables est indispensable au succès des accords de Paris

De quelques mythes à propos du soleil et du vent

1. La variabilité due au temps qu'il fait n'est pas gérable
2. Le déploiement des variables impose des coûts élevés aux générateurs en place
3. Les capacités variables requièrent 1:1 "backup"
4. Les coûts pour les réseaux sont trop élevés
5. Le stockage est indispensable
6. Les capacités variables déstabilisent le système

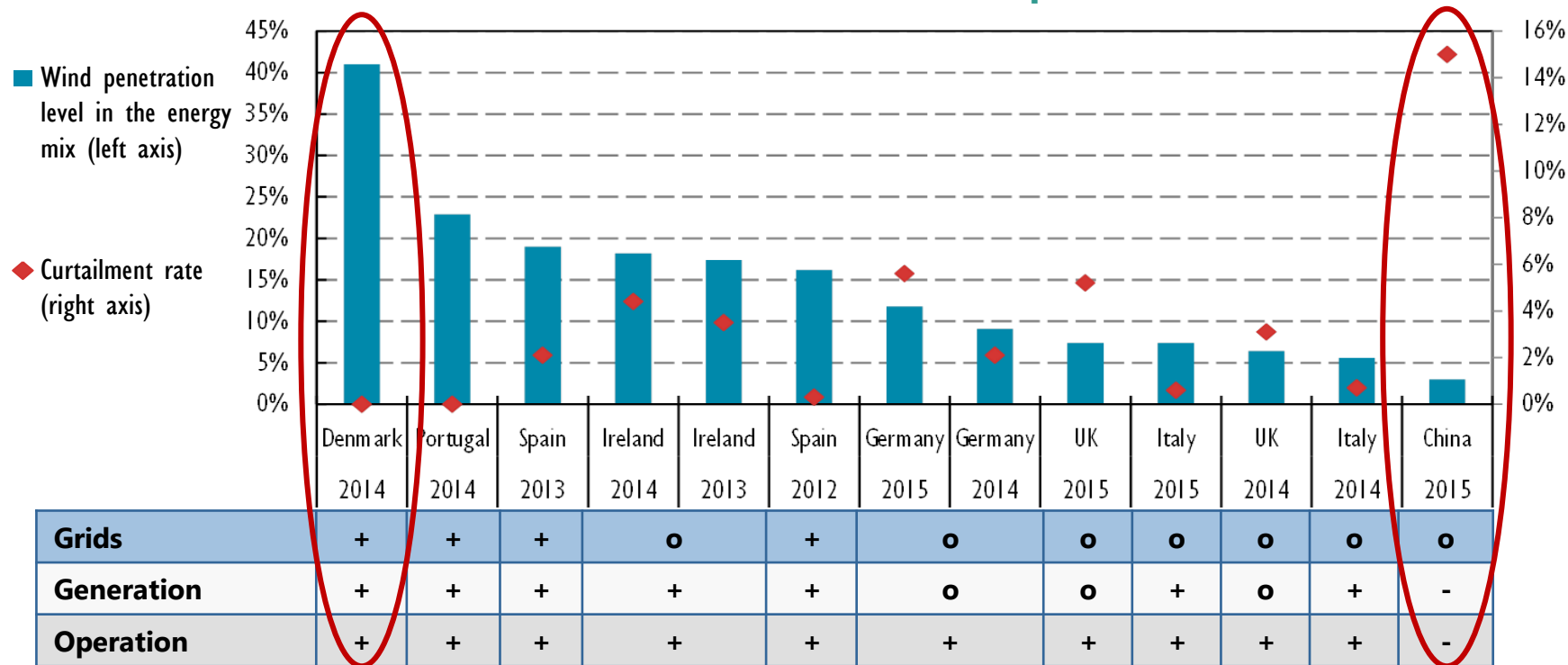
Released in March 2017



- Allemagne, 1993, électricité éolienne 0.1% de la production annuelle
 - “Les énergies renouvelables comme l’hydroélectricité, le solaire et le vent ne peuvent pas couvrir plus de 4% de notre consommation d’électricité – même à long terme”
 - Déclaration commune des électriciens allemands, publiée dans Die Zeit, 30 Juillet 1993, page 10
- Ireland, 2003, électricité éolienne 2% de la production annuelle
 - “Cette quantité d’électricité éolienne crée un risque accru pour la sécurité et la stabilité du système électrique, dont l’opérateur du réseau de transport estime qu’il excède le niveau normalement accepté par un opérateur prudent ”
Kieran O'Brien, Managing Director of ESB National Grid, Ireland, 1 December 2003
 - 2014, 20% d’électricité éolienne
 - 2020, Objectif, 37% d’électricité éolienne

Mal intégrée l'énergie renouvelable est gaspillée

Pénétration éolienne et taux de dissipation, 2012-2015

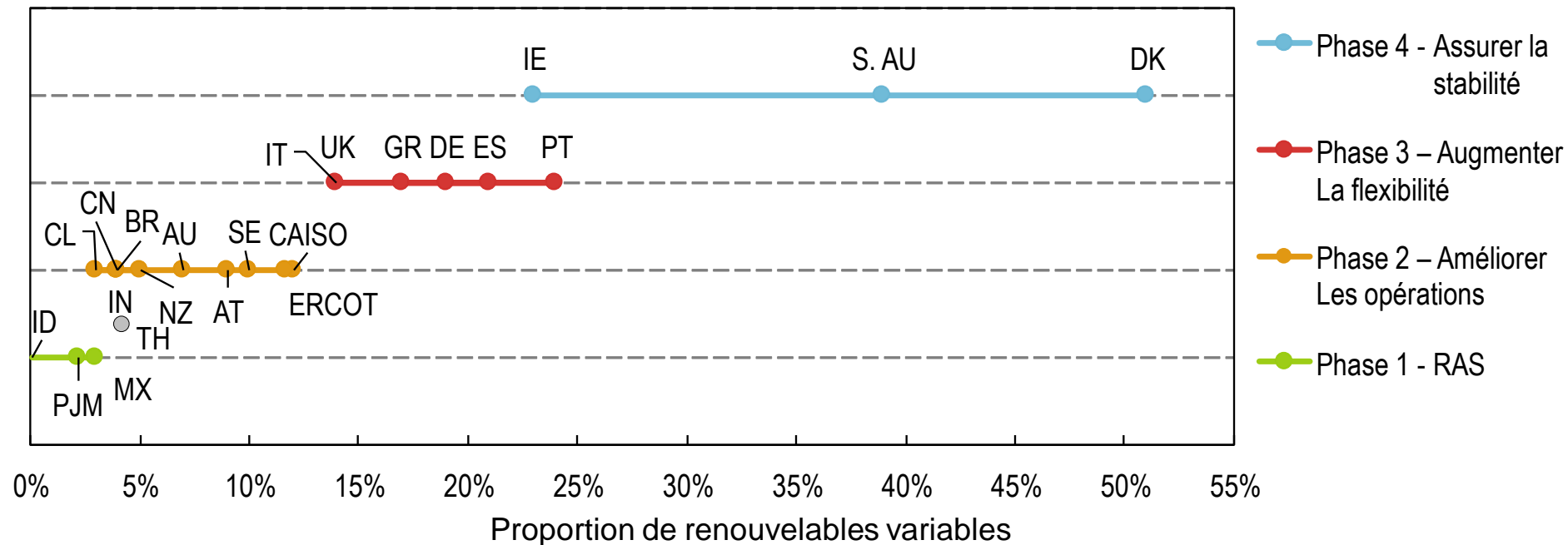


Le niveau de dissipation est un bon indicateur de l'intégration, plus que de la proportion de variables

Les différentes phases de l'intégration

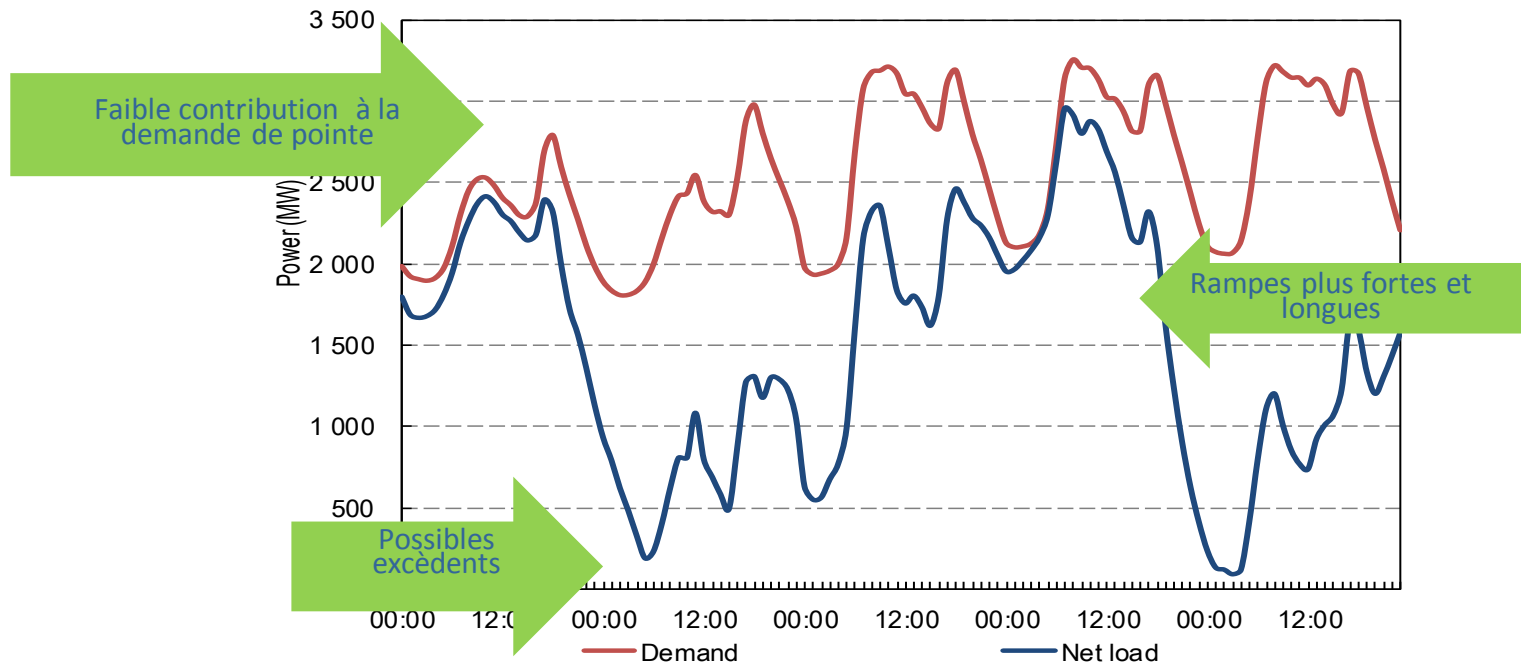
Phase	Description
1	La capacité variable reste insignifiante à l'échelle du système
2	Les opérateurs remarquent les capacités variables
3	La flexibilité devient nécessaire avec de plus grandes oscillations dans l'équilibre demande production
4	La stabilité devient un problème, alors que les capacités variables couvrent près de 100% de la demande à certains moments
5	Des excédents de production apparaissent régulièrement; pousser plus avant l'électrification devient nécessaire
6	Couvrir les déficits saisonniers et alimenter l'économie entière nécessite du stockage inter-saisonnier et des combustibles synthétiques

Où en sont les divers pays



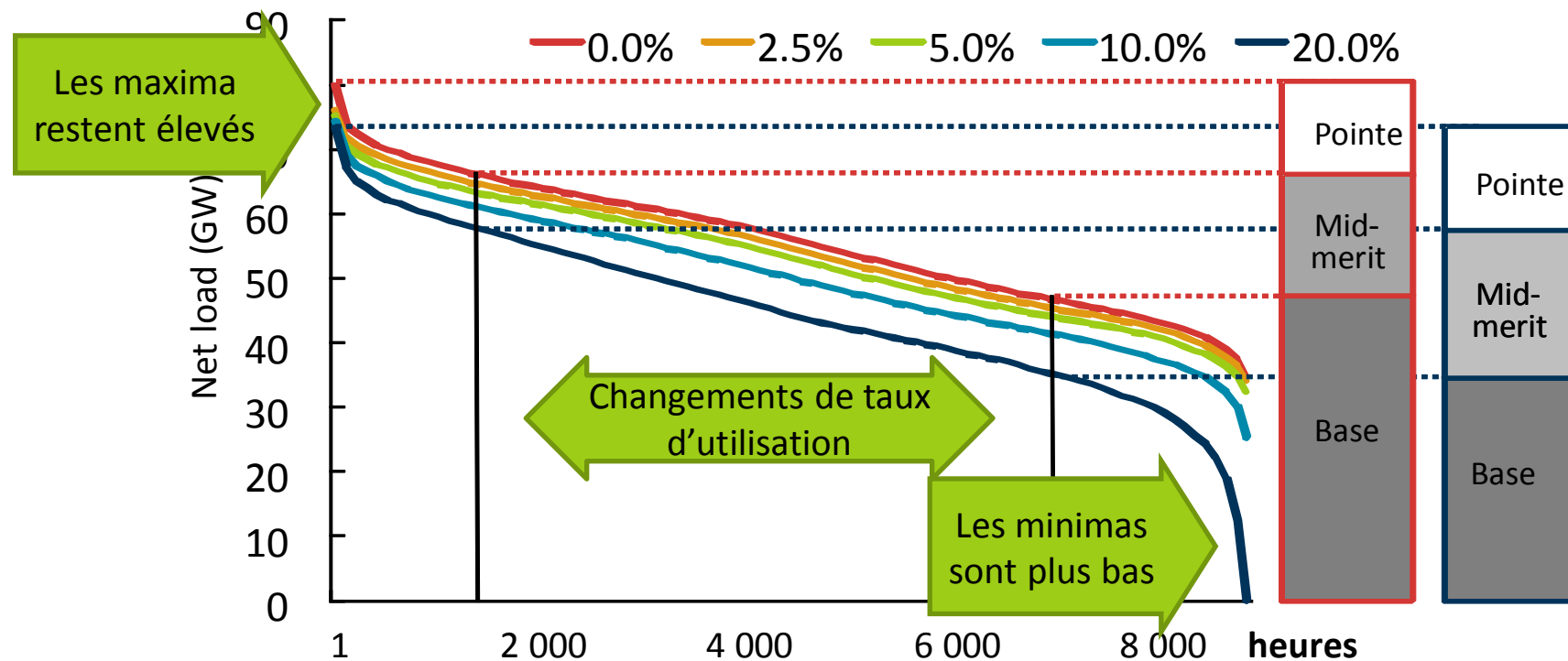
Très peu de pays ou de régions se confrontent déjà aux question de stabilité liées au manque d'inertie

Les défis de l'intégration: l'équilibre production/conso



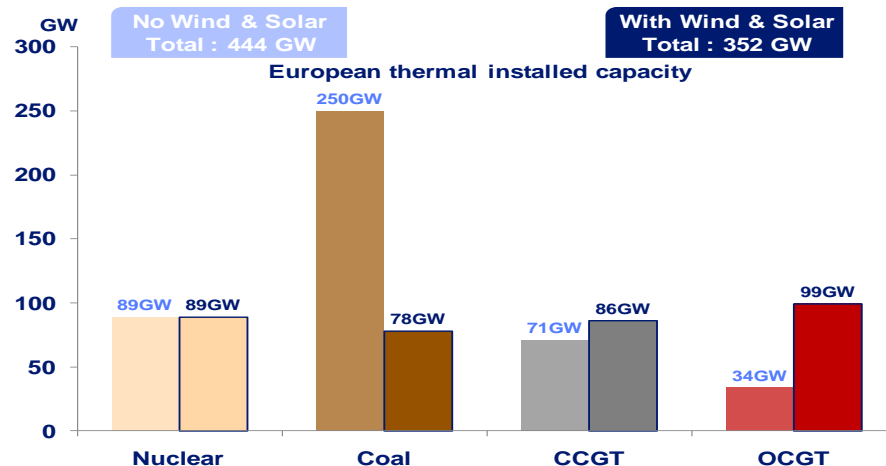
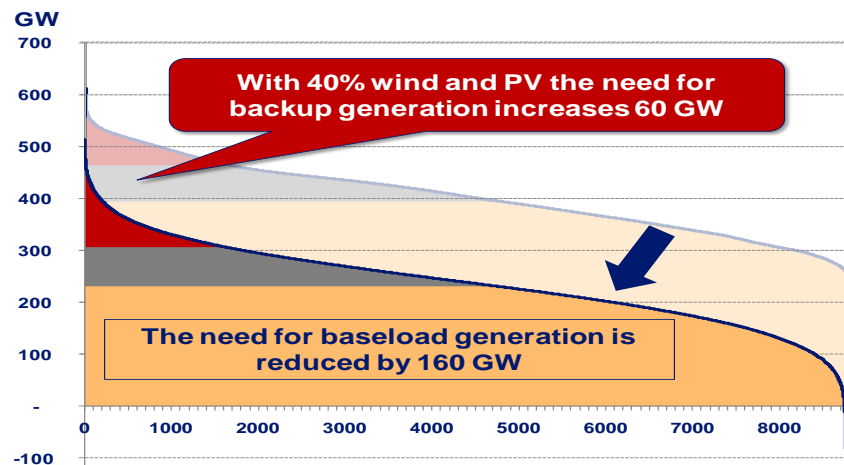
L'équilibre est une question technique, que les opérateurs du monde entier savent résoudre de longue date du fait de la variabilité de la demande et des aléas de la production et du transport

Les défis de l'intégration: les durées d'utilisation



L'intégration des variables réduit la demande d'électricité en base plus que la demande de pointe

60% renouvelables en Europe (étude EDF)



Emissions moyennes CO₂ avec 60% RE = 125 g CO₂ /kWh

(Emissions moyennes CO₂ aujourd'hui = 350 g CO₂/kWh)

L'étude d'EDF montre que le besoin de capacités de pointe augmente tandis que celui de capacités de base diminue

La flexibilité est la clé de l'intégration

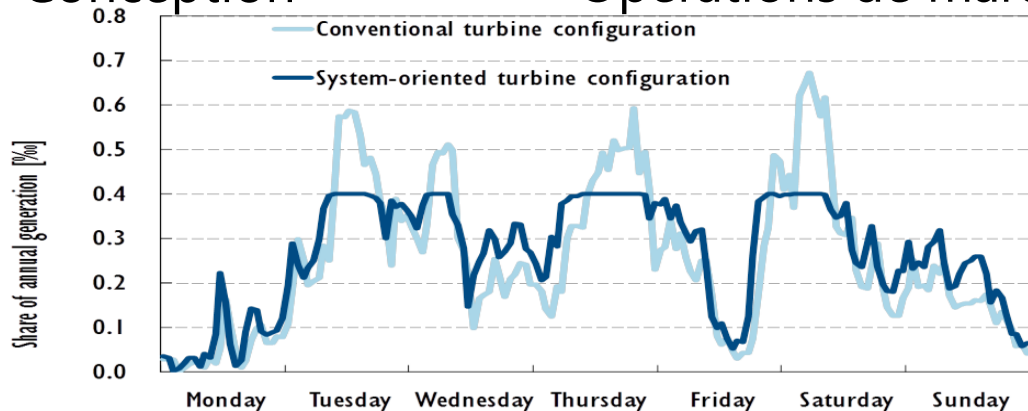
1) Un développement
"amical pour le
système"

2) Des opérations et
marchés mieux
conçus

3) Augmenter la flexibilité du
système

Diversité technique
et géographique
Conception

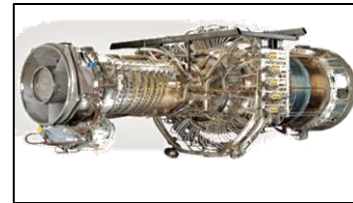
Prévision
Cadre législatif
Opérations de marché



Réseaux



Production



Stockage



Gestion demande

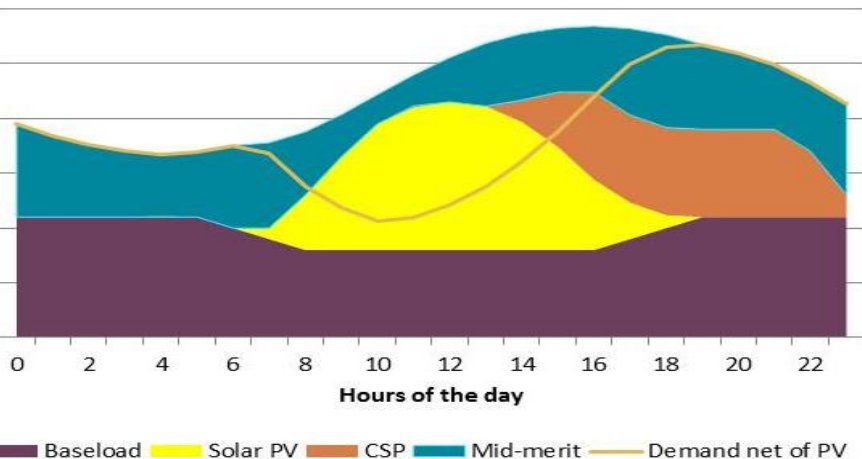


Solaire PV et thermodynamique sont complémentaires

Mix énergétique du secteur électrique dans un pays ensoleillé (fictif)

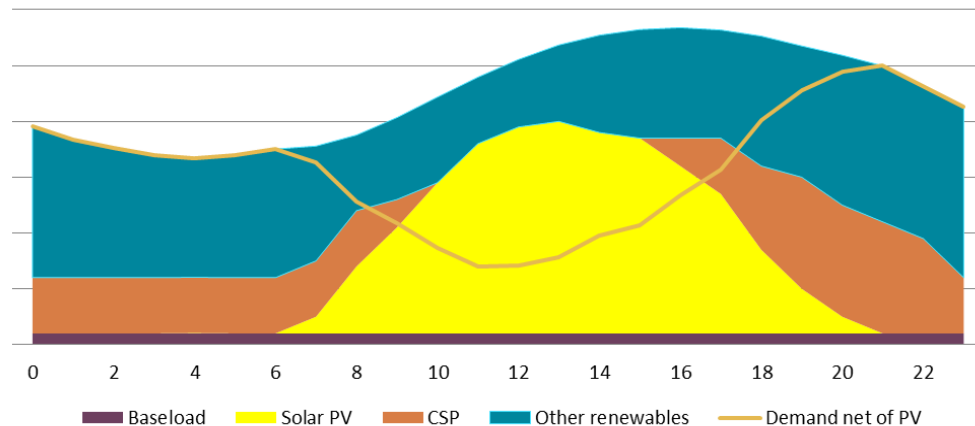
en 2030

Vertical axis GWh



en 2050

Vertical axis GWh



Le stockage thermique intégré des centrales solaires thermodynamique permet de produire l'électricité après le coucher du soleil – ou même durant toute la nuit.

Electrifier largement l'économie mondiale

Bâtiments

Ambiances
Cuisine

Centrales

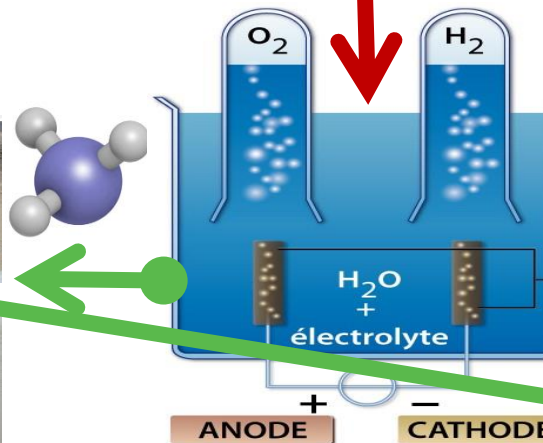
Industry

Vapeur
Force
Electrolyse

Transports

Véhicules
électriques
Fiouls
synthétiques

Matières premières,
agents de procédé,
fiouls



Au-delà des utilisations actuelles, l'électricité renouvelable peut remplacer les combustibles fossiles dans les bâtiments, l'industrie et les transports, directement ou via l'électrochimie

- Les défis de l'intégration de l'éolien et du solaire s'avèrent souvent plus faciles à résoudre que prévu
 - Les systèmes électriques sont déjà suffisamment flexibles
- Les barrières peuvent être techniques, économiques ou institutionnelles
- Les problèmes et les solutions sont différents à chaque phase
 - Utiliser mieux la flexibilité disponible et souvent moins chère que d'autres options
- Un déploiement de renouvelables bien conduit limite les difficultés d'intégration
 - Une planification intégrée est la clé du succès à long terme